



Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΜΕ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

Επιμέλεια παρουσίασης: Π. Καλογεράκος (Φυσικός)

«Όταν γνωρίζεις κάτι, να επιμένεις ότι το γνωρίζεις. Όταν πάλι δεν το γνωρίζεις, ομολόγησε ότι δεν το γνωρίζεις, αυτό είναι γνώση».

1. Ελεύθερη και εξαναγκασμένη ταλάντωση.

Αν το σφαιρίδιο του σχήματος 1.24 εκτραπεί από τη θέση ισορροπίας του και αφεθεί ελεύθερο θα εκτελέσει κατακόρυφη ταλάντωση. Αν δεν υπάρχουν αντιστάσεις η ταλάντωση θα είναι αμείωτη, με συχνότητα

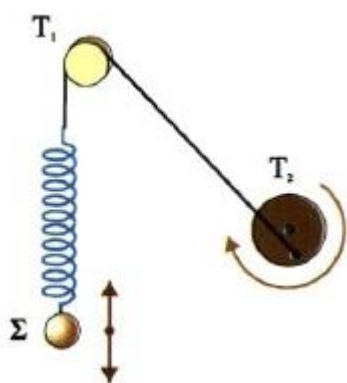
$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}$$

Στην πραγματικότητα η ταλάντωση θα είναι φθίνουσα. Η συχνότητά της θα είναι λίγο μικρότερη, στην πράξη όμως μπορούμε να τη θεωρήσουμε ίση με την f_0 .

Μια τέτοια ταλάντωση λέγεται **ελεύθερη ταλάντωση** και η συχνότητα με την οποία πραγματοποιείται λέγεται **ιδιοσυχνότητα** (f_0) της ταλάντωσης.

Αν θέλουμε να διατηρείται σταθερό το πλάτος της ταλάντωσης πρέπει να ασκήσουμε στο σύστημα μια περιοδική δύναμη. Αυτή την πρόσθετη δύναμη την ονομάζουμε **διεγείρουσα δύναμη**.

Στη διάταξη του σχήματος 1.25 το ελατήριο είναι δεμένο με σχοινί, το άλλο άκρο του οποίου προσδένεται στον τροχό T2 ο οποίος, με κατάλληλη διάταξη, μπορεί να περιστρέφεται. Η περιστροφή του τροχού αναγκάζει το σφαιρίδιο να εκτελεί κατακόρυφη ταλάντωση. Η συχνότητα της ταλάντωσης συμπίπτει με τη συχνότητα περιστροφής του τροχού. Η κίνηση του σφαιριδίου ονομάζεται **εξαναγκασμένη ταλάντωση** και το σώμα που προκαλεί την ταλάντωση με την περιοδική δύναμη που ασκεί (διεγείρουσα δύναμη) -στο παράδειγμά μας ο τροχός- **διεγέρτης**.

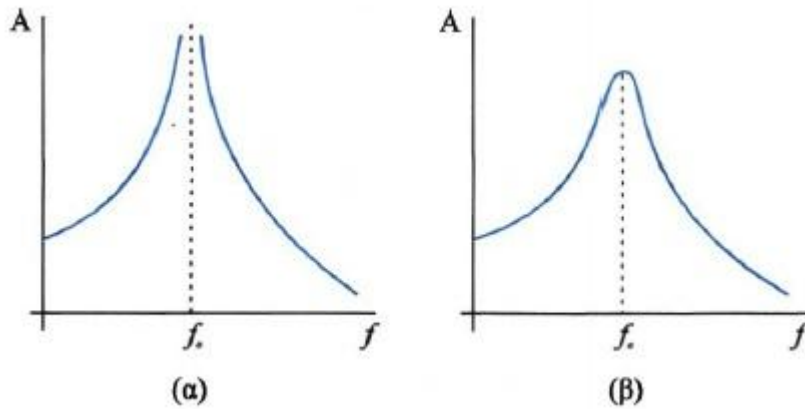


Σχ. 1.25

Όπως είπαμε, η συχνότητα της εξαναγκασμένης ταλάντωσης που εκτελεί το σφαιρίδιο Σ είναι f και όχι f_0 , δηλαδή ο διεγέρτης επιβάλλει στην ταλάντωση τη συχνότητά του.

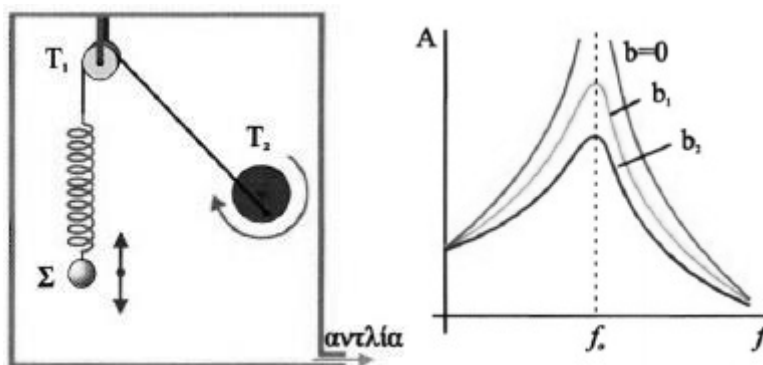
2. Το πλάτος στην εξαναγκασμένη ταλάντωση, συντονισμός.

Το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης εξαρτάται από τη συχνότητα f του διεγέρτη. Συγκεκριμένα, αν μεταβληθεί η συχνότητα f του διεγέρτη μεταβάλλεται και το πλάτος της εκτελούμενης ταλάντωσης. Οι τιμές του πλάτους είναι γενικά μικρές, εκτός αν η συχνότητα f πλησιάζει στην ιδιοσυχνότητα f_0 , οπότε το πλάτος παίρνει μεγάλες τιμές και γίνεται μέγιστο όταν η συχνότητα f γίνει ίση με την ιδιοσυχνότητα f_0 . Τότε λέμε ότι έχουμε **συντονισμό**. Στην ιδανική περίπτωση που η ταλάντωση δεν έχει απώλειες ενέργειας (πρακτικά αυτό είναι $f=f_0$, το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης γίνεται άπειρο.



Με τη διάταξη του σχήματος 1.27 μπορούμε να παρατηρήσουμε το πλάτος της ταλάντωσης σε συνάρτηση με τη συχνότητα του διεγέρτη, για διάφορες τιμές της σταθεράς απόσβεσης. Στο σχήμα 1.28 παριστάνεται το πλάτος της ταλάντωσης για διάφορες τιμές της σταθεράς απόσβεσης. Το πλάτος της ταλάντωσης κατά το συντονισμό εξαρτάται από τη σταθερά απόσβεσης. Αύξηση της σταθεράς απόσβεσης, συνεπάγεται μείωση του πλάτους της εξαναγκασμένης ταλάντωσης.

Το σημείο από το οποίο ξεκινούν όλες οι καμπύλες στο διάγραμμα, απέχει από την αρχή των αξόνων όσο απέχει το σημείο πρόσδεσης του σχοινιού από το κέντρο του τροχού T2.



Το διάγραμμα του πλάτους μιας εξαναγκασμένης ταλάντωσης σε συνάρτηση με τη συχνότητα του διεγέρτη για διάφορες τιμές του b ($b_1 < b_2$). Στις ταλαντώσεις με απόσβεση η συχνότητα συντονισμού είναι λίγο μικρότερη από την f_0 . Όσο αυξάνεται η απόσβεση η μείωση της συχνότητας συντονισμού γίνεται μεγαλύτερη. Αυτή η μετατόπιση της συχνότητας συντονισμού είναι πολύ μικρή και στην κλίμακα του διαγράμματος δε φαίνεται.

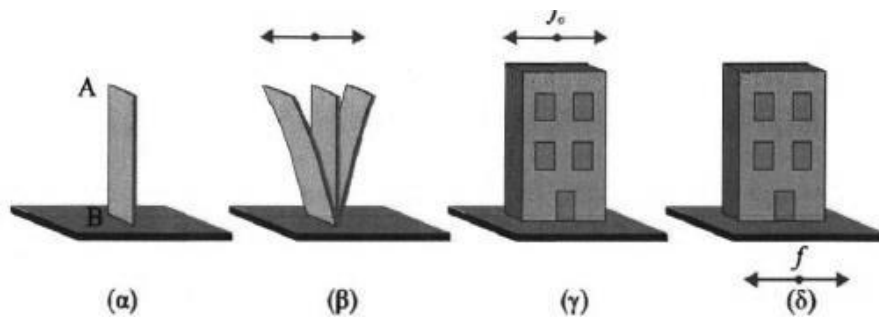
3. Η ενέργεια στην εξαναγκασμένη ταλάντωση και στο συντονισμό

Η ενέργεια που προσφέρεται στο σύστημα αντισταθμίζει τις απώλειες και έτσι το πλάτος της ταλάντωσης διατηρείται σταθερό. Ο τρόπος με τον οποίο το ταλαντούμενο σύστημα αποδέχεται την ενέργεια είναι εκλεκτικός και έχει να κάνει με τη συχνότητα υπό την οποία προσφέρεται. Κατά το συντονισμό η ενέργεια μεταφέρεται στο σύστημα κατά το βέλτιστο τρόπο, γι αυτό και το πλάτος της ταλάντωσης γίνεται μέγιστο.

4. Εφαρμογές συντονισμού-φαινόμενα

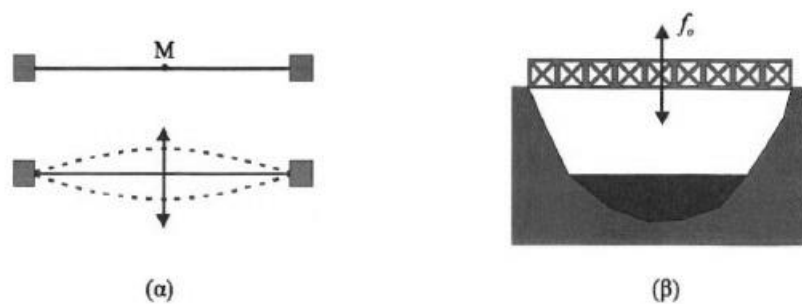
Όταν η συχνότητα ενός ηχητικού κύματος γίνει ίση με την ιδιοσυχνότητα του κρυστάλλινου ποτηριού, το ποτήρι ταλαντώνεται με το μέγιστο δυνατό πλάτος και τελικά σπάει.

Θεωρητικά ένα κτίριο (σχ. 1.31γ), αν διεγερθεί, έχει τη δυνατότητα να εκτελέσει ελεύθερη ταλάντωση, παρόμοια με αυτή του ελασματος με ιδιοσυχνότητα f_0 . Στη διάρκεια ενός σεισμού, το έδαφος πάλλεται με συχνότητα f (σχ. 1.31 δ) και τα κτίρια εξαναγκάζονται να εκτελέσουν ταλάντωση. Αν η συχνότητα f με την οποία πάλλεται το έδαφος (διεγέρτης) είναι ίση με την ιδιοσυχνότητα f_0 του κτιρίου, το πλάτος της ταλάντωσης του κτιρίου θα γίνει μεγάλο, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στην κατάρρευσή του.



Η χορδή του σχήματος 1.32α έχει στερεωμένα τα άκρα της σε ακλόνητα σημεία. Αν την τραβήξουμε από το μέσον της M και την αφήσουμε ελεύθερη, θα εκτελέσει ταλάντωση με τη φυσική της συχνότητα (ιδιοσυχνότητα). Παρόμοια κίνηση μπορεί να εκτελέσει και η γέφυρα του σχήματος 1.32β αν διεγερθεί.

Αν μια ομάδα ανθρώπων κινηθεί με βηματισμό πάνω στη γέφυρα, η γέφυρα διεγείρεται και εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση. Αν η συχνότητα βηματισμού είναι ίση με την ιδιοσυχνότητα της γέφυρας, έχουμε συντονισμό, η γέφυρα ταλαντώνεται με μεγάλο πλάτος και υπάρχει κίνδυνος κατάρρευσης.



Ερωτήσεις και επισημάνσεις εκτός σχολικού βιβλίου

1. Τι συμπεραίνουμε για τη μεταβολή του πλάτους, όταν μεταβάλλουμε τη συχνότητα του διεγέρτη; Γιατί υπάρχουν δυο τιμές της συχνότητας του διεγέρτη για τις οποίες το πλάτος έχει την ίδια τιμή;
2. Γράψτε το θεμελιώδη νόμο της μηχανικής σε μια εξαναγκασμένη ταλάντωση.
3. Γράψτε τους τύπους που δίνουν: α) το ρυθμό προσφερόμενης ενέργειας από το διεγέρτη, β) το ρυθμό μετατροπής της ενέργειας ταλάντωσης σε θερμότητα. Τι ισχύει στη κατάσταση συντονισμού;

4. Τι εννοούμε όταν λέμε ότι κατά το συντονισμό η ενέργεια μεταφέρεται στο σύστημα κατά το βέλτιστο τρόπο;
5. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται το πλάτος σε μια εξαναγκασμένη ταλάντωση;